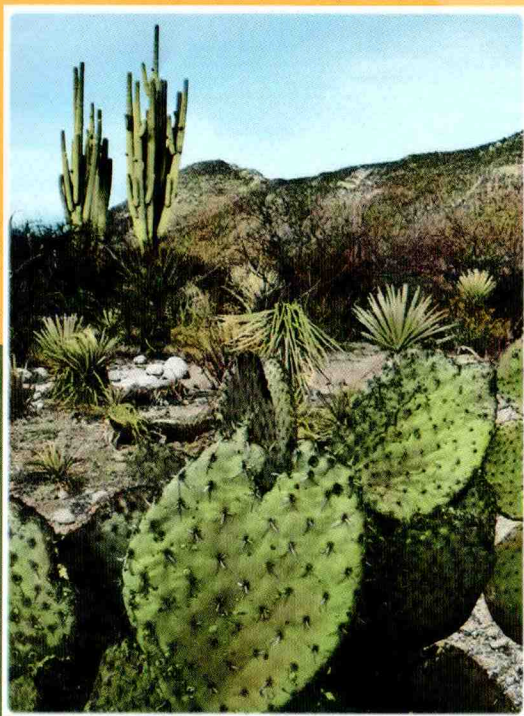


CIENCIA DE BOLETO

15

# Ecología

Ken Oyama y Ana Claudia Nepote



Esta publicación es de todos para leer en el Metro



# Ecología

EN BOCA DE TODOS



## **Gobierno del Distrito Federal**

**Marcelo Ebrard Casaubón**  
Jefe de Gobierno

**Raúl Armando Quintero Martínez**  
Secretario de Transportes y Vialidad

**Francisco Bojórquez Hernández**  
Director General del  
Sistema de Transporte Colectivo



## **Universidad Nacional Autónoma de México**

**José Narro Robles**  
Rector

**Eduardo Bárzana García**  
Secretario General

**Enrique del Val Blanco**  
Secretario Administrativo

**Héctor Hiram Hernández Bringas**  
Secretario de Desarrollo Institucional

**Carlos Arámburo de la Hoz**  
Coordinador de la Investigación Científica

**René Drucker Colín**  
Director General de Divulgación de la Ciencia

# Ecología

EN BOCA DE TODOS

Ken Oyama y Ana Claudia Nepote



Dirección General de  
Divulgación de la Ciencia  
U N A M

## **Dirección General de Divulgación de la Ciencia**

Director General de Divulgación de la Ciencia  
**René Drucker Colín**

Coordinador de Medios  
**Ángel Figueroa**

Subdirector de Medios Escritos  
**Juan Tonda**

Jefa de la Unidad Administrativa  
**Isabel Velasco**

Coordinación editorial  
**Juan Tonda**  
**Nemesio Chávez Arredondo**

Corrección  
**Alicia García Bergua**

Diseño de la colección y formación  
**Elizabeth Cruz**

Foto de portada e interiores  
**Leonor Solís Rojas**

Primera edición, 10 de agosto de 2011

D.R. © 2011 Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C. P. 04510,  
México, Distrito Federal.

ISBN 978-607-02-1260-4

Agradecemos el apoyo otorgado por  **Fundación  
TELMEX®**

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio  
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México

# Ecología

¿Quién no guarda en su memoria algún grato recuerdo de un paseo en el campo? Las actividades al aire libre en contacto con la naturaleza son inolvidables; sin embargo pocas veces pensamos en cómo estos sistemas naturales se originaron y se han mantenido a lo largo del tiempo. ¿Cómo llegaron ahí las distintas especies de plantas y animales que habitan en ellos? ¿Por qué varían tanto de región a región en nuestro país?

Gracias a la ubicación geográfica que ocupa México, cuenta con una amplia diversidad de climas y tipos de vegetación que van desde templados o fríos a cálidos y secos. Por la accidentada topografía del territorio, podemos encontrar una gran variedad de condiciones ecológicas y de especies que habitan en ellas, lo que favorece que México se considere entre los diez países más ricos en biodiversidad. Se conocen más de 25 mil especies de plantas y más de 2500 especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Además, existen cientos de miles de especies que aún no han sido descritas por los científicos, que incluyen bacterias, algas, hongos, gusanos, insectos e incluso plantas y animales.

Lo más fascinante es que estas miles de especies **no se encuentran distribuidas en los sistemas naturales de manera casual. La distribución actual de las especies es el resultado de un largo proceso evolutivo de millones de años. En este**



sentido, la ecología es la rama de la ciencia que se encarga del estudio de las interacciones entre los organismos y su ambiente, y cómo estas interacciones determinan los patrones de distribución espacial y temporal de los organismos en nuestro planeta.

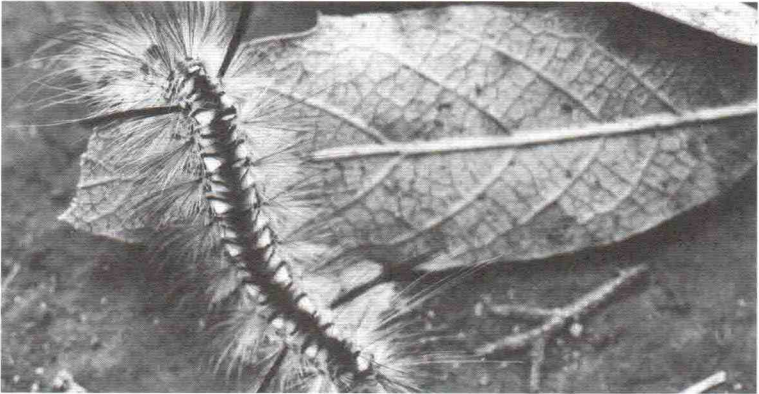
La ecología surgió en el siglo XIX gracias a Ernst Haeckel, el naturalista alemán que la definió. Los naturalistas de los siglos XVIII y XIX son los predecesores de los ecólogos actuales, pues eran grandes exploradores que descubrían nuevas especies y explicaban con gran detalle el entorno donde se encontraban. Sus conocimientos aportaban información para conquistar nuevos territorios y recursos naturales para provecho del ser humano. La ecología, sin embargo, sería imposible de entender sin la teoría de la evolución de las especies, que con ayuda de los naturalistas formularon Charles Darwin y Alfred Russel Wallace a mediados del siglo XIX. En ella se expusieron por primera vez de manera científica las relaciones que en las distintas regiones del planeta han mantenido a lo largo de muchos milenios los organismos entre sí y con su entorno, y cómo estas relaciones se modifican si el ambiente cambia conduciendo a muchos organismos a la extinción.

Cada especie biológica requiere ciertas condiciones específicas para poder sobrevivir y reproducirse. Las especies forman redes de interacciones muy complejas en cada uno de los ecosistemas donde viven y tienen una larga historia de relaciones que han evolucionado juntos y en estrecha dependencia. Durante millones de años, las especies que han logrado adaptarse a las diferentes condiciones ambientales son las que han permanecido hasta nuestros días. Muchas otras especies se han extinguido a lo largo de la historia evolutiva.

Las interacciones entre los organismos y su ambiente determinan cómo se distribuyen en la Tierra. En las regiones polares, templadas y tropicales, tanto en el hemisferio norte



como en el sur de nuestro planeta, no existen las mismas especies a pesar de que el clima sea similar. Según la zona geográfica, por ejemplo, podemos encontrar selvas tropicales: la del Amazonas en Brasil, la de la isla de Sumatra en el sureste asiático o la selva Lacandona en el sureste mexicano.



Aunque todas pueden caracterizarse como selvas tropicales, la estructura y la composición de especies son diferentes. A una escala local, dentro de una selva podemos encontrar también combinaciones de especies distintas que dependen de las condiciones específicas bióticas y abióticas del lugar.

Lo interesante de este asunto es que podemos seguir bajando de escala hasta llegar a un árbol o a un animal. Si vemos con cuidado un árbol en medio de la selva, podemos ver que este árbol está asociado con muchas otras especies como helechos, musgos, orquídeas, plantas parásitas, líquenes y una infinidad de insectos y arañas, aves y monos. Además, si escarbamos el suelo donde se encuentra el árbol nos vamos a dar cuenta que existen muchas bacterias, hongos, gusanos e insectos que conviven con el árbol. Esto ocurre en un árbol en medio de la selva o en un arbusto en el desierto.

Todas las especies que habitan los ecosistemas del mundo forman redes complejas que interactúan entre ellas y con su

ambiente. Estas redes mantienen la vida sobre la Tierra y nuestro bienestar depende completamente de ellas. Estas redes son muy dinámicas, están en cambio constante tratando de alcanzar un equilibrio y son muy vulnerables a factores externos.

La ecología estudia los diversos niveles de organización de los organismos en los ecosistemas, desde los individuos hasta las poblaciones y su ambiente, y puede dividirse en ecología funcional de los individuos, ecología de las poblaciones, ecología de las comunidades, ecología de los ecosistemas y la ecología global. En síntesis, la ecología contribuye a entender cómo funciona el mundo natural y la relación entre la sociedad y la naturaleza proporcionando las bases científicas de la sustentabilidad, la conservación y el manejo de los sistemas naturales.

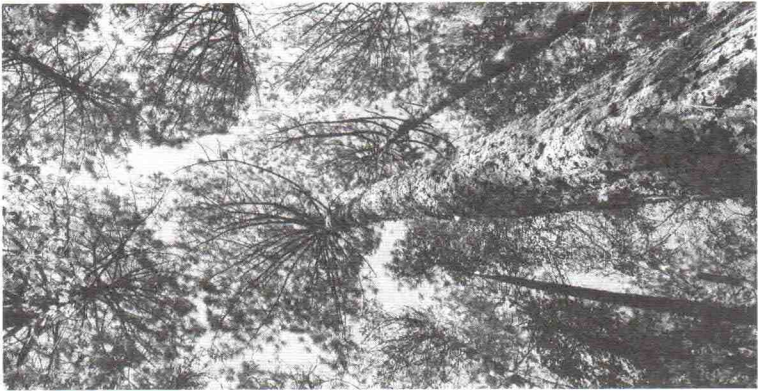
## **¿Cómo trabajan los ecólogos?**

Generalmente los ecólogos investigan qué seres vivos habitan en un lugar, cómo son sus interacciones con otros seres vivos y con el ambiente físico (la temperatura, la luz y la disponibilidad de agua). Cuando se entiende todo esto, es decir cómo funciona un ecosistema, pueden proponerse medidas para protegerlo y conservarlo.

Una confusión muy generalizada es que un ecólogo es un ecologista. Un ecólogo es un investigador científico que estudia alguna rama de la ecología y un ecologista es una persona que se encarga de llamar la atención sobre los diferentes problemas ambientales que nos aquejan y ejercer presión social para que se resuelvan.

El trabajo científico de un ecólogo se basa en una serie de normas rigurosas que distinguen su campo de actividad profesional. Si un ecólogo describe la dinámica y el funcionamiento de un bosque en México por ejemplo, este trabajo debe ser revisado y aceptado por otros investigadores y publicarse en

un medio científico internacional. Esto permite avanzar en el conocimiento universal de cómo funciona la naturaleza para poder conservarla y manejarla. Si no existiera esta rigurosidad científica no sólo en la ejecución de una investigación sino en su validación y publicación, se prestaría a que cualquier persona pudiera estar inventando datos, alterando datos ya existentes o simplemente a la charlatanería.



### ¿Para qué sirve la ecología?

El entendimiento de la ecología permite resolver numerosos problemas que plantean la agricultura, la pesquería, la silvicultura, la ganadería o la medicina. Por ejemplo, las plagas son un problema para todos los sistemas agrícolas del mundo, pues hay una amplia variedad de virus, bacterias, hongos e insectos que atacan todos los cultivos. Los cultivos de maíz y trigo —que se han llevado a cabo a lo largo de muchas generaciones y tienen un alto rendimiento debido a que se han adaptado a condiciones climáticas diversas y a que los agricultores han seleccionado distintas variedades según su sabor, tamaño, resistencia a enfermedades o cualquier característica importante para su comercialización y consumo— pueden ser atacados, dada la variabilidad de circunstancias, por virus,

hongos o insectos que se propagan mucho por las grandes extensiones de cultivo.

La manera convencional y más rápida de terminar con una plaga es aplicar algún insecticida o fungicida. Sin embargo, al siguiente año de cultivo puede ocurrir lo mismo y cuando se apliquen sustancias químicas en mayor concentración, sucederá que las plagas se han adaptado y resisten los químicos. Esto se debe a que los organismos causantes de las plagas no permanecen inmutables como los cultivos, sino que, gracias al estímulo de los insecticidas y fungicidas, al reproducirse sobreviven los genéticamente más resistentes. Además los químicos aplicados no se eliminan inmediatamente y contaminan el agua y los suelos ocasionando un problema ambiental muy severo.

Entonces, ¿cómo se aplican los conocimientos ecológicos al control de plagas? En los ecosistemas naturales, los individuos de cualquier especie de planta tienen una gran variabilidad genética que les permite resistir los ataques de insectos y animales. Además, las plantas no están aisladas sino que se encuentran con muchas otras especies, lo que disminuye la probabilidad de contagio de alguna plaga o los daños que los insectos causan a las plantas. Todo esto no ocurre en un cultivo donde todos los individuos son prácticamente iguales genéticamente y están sometidos todos a los mismos riesgos.

Este conocimiento de los sistemas naturales se aplica en los cultivos para controlar las plagas utilizando, por ejemplo, los enemigos naturales de los insectos plaga, o enriqueciendo genéticamente los cultivos cruzándolos con sus parientes silvestres. Muchas especies silvestres, que son parte de la gran biodiversidad de nuestro país, son parientes de las especies nativas cultivadas, por ejemplo frijol, chile, tomate, jitomate, calabaza y papaya... Estas especies poseen un gran acervo genético útil para mejorar los cultivos comerciales.



## La importancia de la ecología

La ecología está en boca de todos, ya que los ecosistemas naturales están siendo profundamente transformados como consecuencia de la interacciones que las sociedades tenemos con ellos. Los problemas más evidentes de esta interacción son la contaminación, la pérdida de bosques y selvas, la reducción de hábitat naturales, la extinción de especies biológicas y la introducción de especies exóticas. Actualmente no existe un solo ecosistema natural que no haya sido alterado en algún grado por las actividades humanas.

La contaminación es uno de los problemas ambientales más graves. Cuando la concentración de una sustancia aumenta sobre su nivel habitual en el agua, suelo o aire se convierte en un contaminante y puede llegar a producir enfermedades e incluso la muerte de muchos organismos, incluidos los humanos.

La contaminación de ríos, lagos y mares con los desechos sólidos de las poblaciones humanas causa un gran desequilibrio químico y biológico en su funcionamiento natural. En todas las ciudades del mundo se producen varios millones de toneladas de basura al año (en la ciudad de México casi ¡20 mil toneladas diarias!). Por esta razón debemos hacer cambios importantes en nuestra forma de consumo y reducir los empaques, bolsas de plástico y productos que no necesitamos. Además, se recomienda el reuso y el reciclaje de materiales que pueden servir para otras cosas o para fabricar nuevos materiales a partir de ellos.

Desafortunadamente, estamos llegando a una situación en la que estamos dispuestos a tolerar altos índices de contaminación de aire y agua. Esto ocurre sobre todo en las grandes ciudades como México, Guadalajara o Monterrey, donde habitan más de 40% de los mexicanos. Lo mismo ocurre en otras ciudades como Shangai, Beijing, Tokio, Nueva York y Los Angeles, sólo por mencionar algunas.



Foto: Internet

Resulta difícil controlar y planear el crecimiento de las poblaciones humanas en el mundo y satisfacer al mismo tiempo sus necesidades básicas respetando sus hábitos y costumbres. Por esta razón la problemática ambiental ya no puede estudiarse sólo como una rama de las ciencias naturales. Actualmente, los ecólogos tratan de entender la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas incluyendo al ser humano como parte de los mismos. A estos sistemas se les llama socio-ecosistemas.

### **¿Nuevas ciencias ecológicas?**

En los últimos 20 años han surgido nuevas disciplinas de la ecología —como la ecología molecular o la ecología global— que buscan explicar los procesos ecológicos a partir de las interacciones a distintas escalas que ocurren en un ecosistema, desde las que se llevan a cabo a nivel genético hasta las que involucran a todos los organismos sobre la Tierra.

Por otro lado, para estudiar socio-ecosistemas es necesario integrar la ecología a otras áreas de conocimiento, como las ciencias sociales o humanísticas. Entonces, que no nos extrañe que haya nuevas disciplinas como la ecología eco-

nómica, la ecología política o la etnoecología. Los análisis económicos y sociales son fundamentales para crear nuevos modelos de crecimiento económico y desarrollo humano basados en una relación sustentable del ser humano con la naturaleza.

## **Los bienes y servicios ecosistémicos**

Los bienes y servicios ecosistémicos son todos los procesos de los ecosistemas naturales que contribuyen al sostenimiento de la vida humana; por ejemplo, la regulación del clima, la purificación del aire y del agua, la generación y conservación de los suelos, la mitigación de sequías, la detoxificación y descomposición de desechos, la polinización de los cultivos y de la vegetación natural, la protección contra los rayos ultravioleta, el mantenimiento de la biodiversidad e incluso el suministro de tranquilidad espiritual y belleza escénica.

Como todos estos servicios se dan por sentados, nadie les asigna un valor; sin embargo éste es inconmensurable, no se puede cuantificar económicamente. Cuestan lo que cuesta la vida humana y la vida en general, y si tienen algún costo monetario, éste es muy grande, es el de la recuperación de los ecosistemas destruidos. ¿Cuántas personas y dinero se tendrían que invertir para recuperar un bosque de pinos o una selva con toda la diversidad que albergaban las selvas del sureste mexicano hace 50 años y que hoy han desaparecido por las actividades humanas? ¡Miles de personas y de millones de pesos! Y no hay garantía de que puedan recuperarse, pues, por ejemplo, árboles como la ceiba o el cedro tardan 100 años o más en alcanzar una altura de 20 metros, y un pino o un encino tardan 150 años en alcanzar una talla de 30 metros.



## **¡Las especies se extinguen!**

Otro tema alarmante es la extinción de especies. En los últimos años, el número de especies que ha desaparecido del planeta se ha incrementado por la destrucción de su hábitat. Se calcula que la velocidad con que se extinguen especies en el mundo es ahora mil veces superior que en los mil años anteriores. Hay muchas especies de plantas y animales cuyo número ha disminuido tanto que se consideran en peligro de extinción. Algunas de las especies mexicanas que se encuentran bajo esta categoría son el jaguar, la vaquita marina, la rana arbórea mixe, la iguana de Oaxaca, el perico de cabeza amarilla y la tortuga verde, sólo por mencionar algunas.

Los humanos dependemos de la biodiversidad para nuestra supervivencia y bienestar. La lección es que debemos enfocar nuestros esfuerzos por conservar y mantener los ecosistemas naturales dada su importancia biológica, ecológica y humana. Es importante entender que con la degradación de los ecosistemas se degrada también la calidad de vida de nuestra especie. Esto ya lo padecemos en varias partes del mundo y México no es la excepción.

## **La ecología y los sistemas complejos**

Una comunidad en términos ecológicos está constituida por un conjunto de especies que interactúan entre sí. Cada especie a su vez puede estar formada por un número distinto de individuos. ¿De qué depende el número de individuos o la densidad de cada especie? La respuesta es muy compleja. En primer lugar, de los recursos disponibles como alimento y espacio; en segundo lugar, de características como la tasa reproductiva, el cuidado parental de las crías, etc.; en tercer lugar, de que otras especies estén presentes en la misma comunidad. Sobre esto último podemos decir que no hay

ninguna especie aislada en una comunidad natural, todas se relacionan entre sí. Las relaciones de las especies entre ellas se clasifican según sus efectos positivos o negativos, es decir, si una especie se ve beneficiada o no en la interacción.

Las interacciones más comunes son la competencia, la depredación, el mutualismo, el parasitismo o las enfermedades. La competencia entre dos o más especies (competencia interespecífica) o entre individuos de la misma especie (competencia intraespecífica) ocurre cuando alguno de los recursos de los que dependen para vivir es limitado. Por ejemplo, los animales compiten por agua, alimento, espacio y búsqueda de parejas. Si los recursos fueran suficientes y abundantes no habría competencia. Aumentaría la densidad poblacional de las especies hasta alcanzar su tasa máxima de crecimiento. Sin embargo, en la naturaleza los recursos no son ilimitados, tienden a ser finitos y cambian periódicamente.

La depredación ocurre cuando un individuo, el depredador, se alimenta de otro, la presa. El depredador se beneficia pues gana energía. Es el caso, por ejemplo, de una mantis religiosa que devora una mariposa o un puma que caza venados.

Los mutualismos son relaciones de mutuo beneficio entre las especies involucradas, pues pueden crecer, sobrevivir y reproducirse mejor estando juntas que separadas. El mutualismo mejor conocido es la polinización. Muchas especies de plantas requieren de un agente externo para que sus flores sean polinizadas y logren producir sus semillas.

Pero estas relaciones no ocurren de manera aislada y eso va conformando una red de interacciones entre todos los seres vivos. Estas relaciones son producto de un largo proceso que se conoce como coevolución. Tendemos a pensar, por la alta diversidad biológica, que no pasa nada si se extinguen algunas especies. Nada más erróneo. Las especies requieren de otras especies para sobrevivir e incluso de sus depredadores que controlan el crecimiento de su población.

## La monarca de las mariposas

Un caso muy interesante y complejo de un sistema natural es el de las migraciones de los animales. En México, existe un caso paradigmático por su belleza y singularidad ya que sólo ocurre en nuestro país. La migración de un insecto, la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). Esta especie de mariposa vuela desde el sur de Canadá y el oeste de Estados Unidos a las montañas de los estados de México y Michoacán en el invierno. Este recorrido es de varios miles de kilómetros y ocurre todos los años. De hecho, son tres o cuatro generaciones las que pasan desde el inicio de la migración en Canadá hasta su regreso. Es como si los bisabuelos de la mariposa iniciaran la migración y los bisnietos llegaran después de algunos meses. ¿Cómo lo hacen? Al parecer este fenómeno es una combinación de aspectos genéticos, del desarrollo de un reloj biológico, de la capacidad de orientación de los insectos basados en ondas magnéticas y de la interacción del insecto con el ambiente. Además, esta mariposa tiene varias particularidades. Una de ellas es que en estado larvario sólo se alimenta de unas plantas llamadas asclepias (familia *Asclepiadaceae*). Las poblaciones de la mariposa monarca en los bosques de hibernación alcanzan tamaños de millones de individuos. Un espectáculo único en el mundo.

En México es ampliamente conocido que hibernan en el periodo que va de noviembre a marzo de cada año. Los sitios que ocupan son los bosques de abetos u oyameles en la región entre el estado de México y el de Michoacán. El pueblo más conocido es el de Angangueo. Esta región padece de muchos problemas sociales y ambientales. Resulta que desde hace muchos años existen los llamados talamontes que de manera ilegal cortan los árboles de oyamel para su comercialización alterando el bosque natural. La zona está muy perturbada y este proceso biológico único se encuentra

realmente amenazado. El problema es tan fuerte que se ha convertido en un conflicto social y legal entre quienes les interesa conservar y quienes sólo les interesa seguir sacando madera a cualquier precio. Las organizaciones ambientalistas internacionales han dado millones de pesos durante muchos años para que se alcance un equilibrio social y ambiental en esta zona sin ningún éxito.

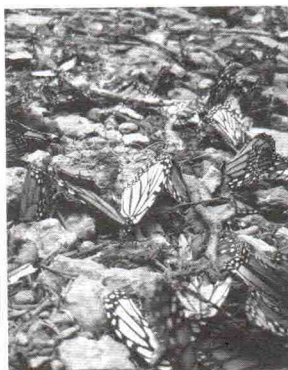


Foto: Internet

La mariposa monarca se encuentra en la lista roja de las especies amenazadas que publica la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. La extinción de esta especie significa el fin de su complejo proceso biológico de migración que evolucionó a lo largo de miles de años, y este proceso no se puede recuperar ni reconstruir.

## Cambios globales

Uno de los temas de mayor actualidad es el del cambio climático. En los últimos 100 años, algunas actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (como el petróleo) ha incrementado la producción de gases que normalmente se encuentran en la atmósfera. Por ejemplo, la concentración de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera que en 1750 era de 280 partes por millón (ppm), alcanzó 350 ppm en 1990 y



actualmente este incremento continúa. Como consecuencia de este cambio, la temperatura media del planeta se incrementa y hay una mayor variación en los patrones climáticos en varias partes del mundo.

Los casos extremos son los que mejor ilustran lo que está ocurriendo. El deshielo por la disminución de la temperatura en los polos es un proceso muy drástico e irreversible que tendrá importantes consecuencias en los niveles del mar y en la sobrevivencia de las especies que viven en los polos. Los datos acumulados por los científicos indican que la temperatura promedio ha aumentado en un grado centígrado en los últimos 100 años. Las preguntas clave en el tema del cambio climático son: ¿cuáles son las causas que determinan estos cambios en el clima?, ¿existe alguna manera de detener o mitigar estos cambios? Las respuestas son complejas y los científicos continúan investigando estos temas.

Expertos de diversas disciplinas están involucrados en los estudios sobre cambio climático. Así por ejemplo, investigadores en ciencias de la Tierra (geógrafos, geofísicos, geólogos, atmosféricos y climatólogos), ciencias naturales (ecólogos, biólogos, médicos, por mencionar algunos) y ciencias sociales, comienzan a colaborar para entender las repercusiones de los cambios globales en el clima en las poblaciones humanas y de los organismos. Por ejemplo, enfermedades transmitidas por mosquitos que se consideran restringidas a los trópicos, como el paludismo o la malaria, modificarán sus ámbitos de distribución geográfica si las condiciones climáticas cambian. Entonces, otros grupos humanos serán propensos a estas enfermedades. Lo mismo ocurrirá con la agricultura, pues sitios que eran adecuados para un cultivo ya no lo serán en el futuro. Estos cambios traerán profundas transformaciones en la vida económica y social de los países.

## ¿Cuidar la ecología?

Este es uno de los términos más utilizados por personas que dicen estar preocupadas por el cuidado del ambiente. “Cuidar la ecología” es una expresión incorrecta. La ecología como tal no se puede cuidar ya que es una rama de la ciencia que hay que cultivar en todo caso. Lo que hay que cuidar son los bosques, las selvas, los mares, los lagos, los desiertos, los matorrales y cualquier tipo de ecosistema natural. Además, cuando decimos que hay que cuidar los ecosistemas lo que tenemos que tener en cuenta es el cuidado de todas las especies que forman parte de los mismos, incluyendo nuestra relación con ellos.

La expresión “cuidar la ecología” es muy propia de los políticos que se dan cuenta de que a los ciudadanos les preocupan los problemas ambientales por la falta de agua y de espacios verdes en las ciudades y por los grandes desastres ambientales que están sucediendo. La expresión “cuidar la ecología” se debe de transformar en “cuidar el entorno natural”, pero sobre todo en acciones que realmente contribuyan a la solución de los problemas ambientales.

## La ecología y la conservación de la naturaleza

Una de las principales preocupaciones de los ecólogos del mundo es cómo detener los grandes cambios que están ocurriendo en la biosfera como consecuencia del incremento de las actividades humanas.

En la actualidad la mayor parte de los ecosistemas del planeta están constituidos por fragmentos de distintos tamaños, formas y grados de aislamiento entre ellos. Si tomáramos una fotografía aérea de una región determinada, veríamos una combinación de fragmentos de bosques entremezclados con cultivos, pastizales o ciudades de distintos tamaños, producto

de la historia reciente de los cambios de usos del suelo provocados por las diferentes actividades humanas. Estos paisajes fragmentados son consecuencia de las actividades humanas en el funcionamiento original de los ecosistemas naturales.



Esta fragmentación es una de las principales amenazas a la biodiversidad y al funcionamiento de los ecosistemas naturales. Cuando avanza la fragmentación de bosques naturales, la flora y fauna originales se modifican por la introducción de especies no nativas como malezas o especies exóticas que ocupan su lugar. Con la fragmentación se modifican, además, las condiciones microclimáticas, las especies se extinguen localmente y las que quedan enfrentan condiciones ambientales estresantes.

Se pierden también los beneficios que el ecosistema proporciona a los seres humanos: la belleza original del paisaje (un bosque continuo contra parches de bosques) y la biodiversidad. Además, un bosque continuo regula el clima del lugar, capta agua de las lluvias, evita la erosión de los suelos, mantiene los insectos polinizadores en densidades apropiadas. En cambio, un paisaje fragmentado pierde su capacidad de regular el clima, restringe la cantidad de agua



que puede ser retenida, incrementa la erosión del suelo y la vista del paisaje puede volverse deprimente.

El estudio de los efectos de la fragmentación de los ecosistemas naturales es hoy una de las áreas de investigación ecológica más interesante, pues busca con ello rehacer sus conexiones biológicas. Estos estudios van desde conocer los efectos de la fragmentación en la diversidad genética hasta en el flujo y la dinámica de los nutrientes en todo el ecosistema fragmentado. En estas áreas se dan, por ejemplo, procesos de endogamia (el apareamiento entre organismos genéticamente similares), que reducen los niveles de diversidad genética teniendo consecuencias importantes en la sobrevivencia y la capacidad de reproducción de los organismos.

Los procesos de endogamia producto del aislamiento de individuos en los fragmentos remanentes son los que pueden conducir a la extinción local de las especies. Los cambios en la configuración del paisaje como producto de la fragmentación modifican la dinámica del ecosistema en el espacio y la disponibilidad de nutrientes y energía. La descomposición de la materia, la evapotranspiración, el flujo de nutrientes, la cantidad de biomasa pueden alterar los ciclos hidrológicos locales y los patrones de erosión y depósito de materia orgánica en el suelo. Todo esto está a su vez asociado a cambios microclimáticos que influyen en el funcionamiento de especies particulares.

## ¿Qué es la sustentabilidad?

Sustentabilidad y desarrollo sustentable son dos términos que se han construido para tratar de integrar los diferentes aspectos de la relación entre los seres humanos y el ambiente. La idea común y corriente de la sustentabilidad es la de mantener un proceso a cierto nivel de manera indefinida como la producción de peces en un criadero. Sin embargo, con esta idea se

ha desarrollado un concepto mucho más amplio y profundo. La definición más conocida de desarrollo sustentable es la de un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad o la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. La idea de sustentabilidad incluye los sistemas económico, social y ambiental. Incluye también procesos socioeconómicos y ambientales para reducir la pobreza, eliminar la injusticia social, estimular la participación social y mantener la diversidad cultural y biológica, etc.

La preocupación generalizada por la destrucción de los ecosistemas y por el manejo inadecuado de los recursos naturales ha llevado a los gobiernos de varios países a concertar acuerdos para mitigar los efectos de esta destrucción. Convenios como la Cumbre de Río, en Brasil en el año de 1992, y el Protocolo de Kyoto, firmado en Japón en 1997, muestran la preocupación por mantener un equilibrio entre las actividades humanas y la protección del ambiente en aras de alcanzar un desarrollo sustentable y el mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones humanas del planeta Tierra.

Los estudios ecológicos son fundamentales para analizar el deterioro de los sistemas naturales pero sobre todo para determinar qué procesos ocurren cuando existe una alteración de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas o de las especies que los componen. Sin embargo, esto no es suficiente. El manejo ecológico no puede prescindir del ser humano como un componente fundamental. Esto transforma la ecología en una ciencia interdisciplinaria ya que necesariamente debe contemplar los desarrollos de otras ramas de las ciencias sociales y de las ciencias de la Tierra. Para entender los sistemas socio-ecológicos son esenciales investigaciones sobre ecología económica, ecología política, ciencias sociales, geofísica, geografía, ciencias de la atmósfera, etc.

El manejo adaptativo es un concepto que surge al tratar de resolver problemas de desarrollo regional en sentido amplio. La complejidad del manejo de los sistemas socio-ecológicos conlleva un cierto grado de incertidumbre ya que es muy difícil predecir el comportamiento de un sistema de manera certera. Entonces, muchas de las acciones que se llevan a cabo para el manejo de los sistemas más que respuestas o soluciones únicas son hipótesis que se ponen a prueba. Desde luego, las hipótesis no son meras ocurrencias de los investigadores sino propuestas que deben probarse con bases científicas. A la par del manejo adaptativo se requiere un cambio en los paradigmas sociales e institucionales que hagan posible las acciones de manejo.

La resiliencia o la capacidad de un ecosistema para mantener o alcanzar nuevos equilibrios es un concepto fundamental al hablar de manejo de los sistemas socio-ecológicos. Es posible identificar ciertas fases en el manejo de los sistemas socio-ecológicos que ocurren en diversos sistemas en distintas partes del mundo.

El estudio del manejo de los sistemas socio-ecológicos ha transformado algunas de las disciplinas tradicionales y ha desarrollado nuevas metodologías para entenderlos. Hoy se habla de un nuevo campo del conocimiento: la ciencia de la sustentabilidad.

Ojalá, querido lector, que después de haber leído este texto te interese formar parte de los nuevos ciudadanos y sobre todo de los nuevos investigadores científicos que requieren nuestro país y el planeta, para construir un nuevo mundo basado en nuevos principios de respeto entre los seres humanos (la especie que más ha transformado la historia de la vida en la Tierra) y la naturaleza, es decir, todos los otros seres vivos que habitan este planeta.

## Ken Oyama

Investigador responsable del laboratorio de ecología genética y molecular del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM en Morelia, Michoacán. Sus principales intereses de investigación son entender los mecanismos y procesos evolutivos y contribuir al conocimiento de la biología de la conservación de especies de importancia biológica, ecológica o cultural. Es profesor de la licenciatura en ciencias ambientales y del posgrado en ciencias biológicas de la UNAM en Morelia.

## Ana Claudia Nepote

Académica de la unidad de vinculación del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México en Morelia, Michoacán. Su campo de trabajo es la comunicación y divulgación de temas ambientales. Ha colaborado en diversos periódicos de Jalisco y Michoacán, pertenece a la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica A.C. y a la Red Mexicana de Periodistas Ambientales.

### *Ecología*

editado por la DGDC-UNAM y el Sistema de Transporte Colectivo Metro, terminó de imprimirse el 10 de agosto de 2011 en los talleres de Galas de México, ubicados en San Antonio Abad 121, Col. Obrera, 06800, México D.F.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Juan Tonda y Nemesio Chávez.

La impresión se realizó en offset en papel bond de 90 gramos.

En su composición se usaron tipos Times de 12 puntos y Book Antiqua de 13, y 20 puntos. El tiraje constó de 30,000 ejemplares.





## LA CIENCIA ES CULTURA

La colección Ciencia de Boleto preparada por la UNAM para el Sistema de Transporte Colectivo, pretende que el público se acerque a la ciencia y la considere parte de su cultura. Quienes se preocupan de no fragmentar el conocimiento piensan que la divulgación de la ciencia de calidad es literatura y es arte. Gran cantidad de investigadores y divulgadores de la UNAM ponen su granito de arena para sacar a la ciencia de los laboratorios y las escuelas y llevarla a los usuarios del Metro. Esperamos que este esfuerzo resulte de su agrado. No sólo se puede aprender en los salones de clase y universidades, sino también en caminos subterráneos de nuestra ciudad y en movimiento.

### Lee y devuelve CIENCIA DE BOLETO SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO



SISTEMA  
DE TRANSPORTE  
COLECTIVO

Este fascículo fue impreso gracias a la colaboración de

